

121
NOTICE THIS MATERIAL MAY BE PROTECTED
BY COPYRIGHT LAW (TITLE 17 U.S. CODE)

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ

3

МАРТ
1957

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Ю. С. СЛЕПНЕВ

О МИНЕРАЛАХ ГРУППЫ РИНКИТА

В статье рассматривается вопрос о соотношениях между ринкитом, кальциевым ринкитом, ионструпитом, мозандритом, ринколитом, ловчорритом и вудъявритом. На основании оптического, рентгено-структурного, рентгено-химического, химического и других методов исследования все эти минералы, за исключением мозандрита и вудъяврита, автор относит к одному минеральному виду первичного образования — к группе ринкита. Мозандрит, по его мнению, является начальным, а вудъяврит — конечным продуктом изменения минералов группы ринкита.

В минералогической справочной литературе (1) ринкит, кальциевый ринкит, ионструпит, мозандрит, ринколит, ловчоррит и вудъяврит относят обычно к группе мозандрита.

Детальное оптическое, рентгено-структурное, рентгено-химическое и химическое изучение, а также другие методы исследования ринколита, ловчоррита и продукта их изменения — вудъяврита, изучение по музейным образцам и остальных минералов группы позволило нам по-иному подойти к соотношениям между этими минералами, — рассматривать мозандрит как продукт начального изменения ринкита, ионструпита, ринколита и ловчоррита, представляющих по существу один и тот же минеральный вид первичного образования. В связи с тем, что мозандрит является продуктом изменения группы минералов, рассматривать его как заглавный минерал группы не вполне правильно. По нашему мнению, с точки зрения истории их открытия все эти минералы следует относить к группе ринкита.

Первым из минералов группы был открыт мозандрит (3), в Норвегии Эрдманом в 1841 г., и назван в честь проф. Мозандера. Несколько позже в Гренландии (1884 г.) Стенструпом был найден ринкит. Ионструпит был установлен Бреггером в Норвегии в 1890 г. и назван в честь проф. Ионструпа (3).

Ловчоррит, ринколит, кальциевый ринкит и вудъяврит впервые были обнаружены в Хибинском массиве.

Ловчоррит был открыт А. Н. Лабунцовым в 1926 г. на г. Ловчорр, по имени которой и был назван (1). Ринколит, найденный несколько позже, был установлен Э. М. Бонштедт-Куплетской (1). Кальциевый ринкит был открыт в 1931 г. М. С. Афанасьевым (1). Название вудъяврит было дано минералу И. Д. Борнеман-Старынкевич по имени горы Вудъяврчорр, где он был найден впервые (1).

В течение 1950—1954 гг. мной изучались ловчоррит-ринколитовые пегматиты Хибинского щелочного массива, в которых встречаются ринколит, ловчоррит, кальциевый ринкит и вудъяврит. Рассматриваемые минералы приурочены преимущественно к пегматитовым жилам, расположенным в хибинитах и рисчорритах. Из этих минералов наиболее подробно нами изучались ринколит и ловчоррит. Остальные минералы группы были изучены менее детально и преимущественно в качестве сравнения с ринколитом и ловчорритом.

Ринколит и ловчоррит (кальциево-натриевый титано-силикат редких земель) по физическим, оптическим и химическим свойствам совершенно не отличаются друг от друга. Они различаются по внешнему виду и времени выделения из пегматитового расплава (раствора). Для ринколита характерны хорошо ограниченные кристаллы, иногда достигающие в длину 15—25 см, при толщине в 3—4 см; в большинстве случаев ринколит более мелкий (5—7×0,5—0,2 см), реже мелкоигльчатый (до 1×0,1 см). Ловчоррит представлен выделениями неправильной формы и имеет характер застывшего геля. Ринколит встречается преимущественно в пегматитах зоны трахитоидных хибинитов и в незначительном количестве в пегматитах зоны рисчорритов; как акцессорный минерал он присутствует в трахитоидных хибинитах. Ловчоррит наблюдается в основном в пегматитах зоны рисчорритов. Менее распространен ловчоррит в пегматитах зоны трахитоидных хибинитов.

Ринколит и ловчоррит в пегматитах распределены неравномерно. Ринколит обычно образует гнезда, реже присутствует в виде единичных кристаллов. Накапливаются как ринколит, так и ловчоррит, в основном в периферических участках жил, реже в центральных частях.

Ринколит является одним из ранних минералов пегматитовых жил. Правильные включения его находятся в эгирине, реже в калиевом полево-м шпате, арфведсоните. Встречается он также в ассоциации с лампрофиллитом и эвдиалитом. Ловчоррит, в отличие от ринколита, принадлежит к числу поздних минералов пегматитового процесса. Для него очень характерна тесная парагенетическая ассоциация с эгирином, альбитом и апатитом. Ловчоррит часто выполняет промежутки между кристаллами калиевого полевого шпата, цементируя их. Реже он встречается между кристаллами арфведсонита, иногда нефелина. В отдельных случаях ловчоррит располагается в натролите. Ловчорритобразующие растворы очень активны. Они часто разъедают кристаллы калиевого полевого шпата и арфведсонита.

Достаточно полное изучение физических и оптических свойств ринколита и ловчоррита было произведено Э. М. Бонштедт-Куплетской (1), химических — И. Д. Борнеман-Старынкевич (1).

Оптические и физические свойства ринколита, ловчоррита, а также других минералов группы ринкита, по нашим данным и данным других исследователей, сведены в табл. 1.

Ринколит и ловчоррит — минералы рентгено-аморфные. Отчетливые дебаеграммы ринколита и ловчоррита были получены только лишь при прокаливании их в течение 2 часов при 500—800°. При этих температурах количество линий на рентгенограмме ринколита и ловчоррита максимальное (табл. 2).

Методом Лауэ в рентгено-структурной лаборатории МГУ (Н. Пиневиц) было снято три разных кристалла ринколита, нагретых до 300°, 500° и 800°. Наилучшие рентгенограммы получены с ринколита, нагретого до 800°.

Размеры элементарной ячейки и угол моноклинности (β), определенные в ринколите методом качания студентом-дипломником МГУ В. П. Григорьевым, довольно близки с известными для ринкита и мозандрита (табл. 1). У мозандрита размеры элементарной ячейки несколько уменьшаются по сравнению с известными размерами для ринколита и ринкита, что, возможно, объясняется изменением состава элементов редких земель и изменением содержания фтора.

Кривые нагревания ринколита и ловчоррита, полученные в экспериментальной лаборатории минералогии и петрографии б. Института геологических наук АН СССР, совершенно идентичны. На них фиксируется экзотермический эффект в интервале температур 560—690° (фиг. 1, 2), являющийся, по-видимому, следствием превращения ринколита и ловчоррита из рентгено-аморфного состояния в кристаллическое.

Оптические и физические свойства минералов группы ринкита

Физические и оптические свойства	Ринколит	Ловчоррит	Кальциевый ринкит	Ринкит	Ионструит	Мозандрит	Вудъяврит
	Хибинский массив			Гренландия	Норвегия		Хибинский массив
Цвет	Желто-коричневый	Желто-коричневый	Желтовато-серый	Желто-коричневый	Желто-коричневый	Красновато-бурый	Коричневый, кремовый, желтый
Удельный вес	3,341	3,36	3,145	3,46 ^a	3,29 ^b	3,00 ^c	2,322 до 2,512
Показатели преломления	Ng=1,657, Nr=1,652, Ng=1,661 до 1,681 ¹ , Ng=1,643 до 1,663 ¹	Ng=1,656, Nr=1,652, Ng=1,661 ¹ , Nr=1,650 ¹	Ng=1,653, Nr=1,647	Ng=1,674, Nr=1,662	Ng=1,666, Nr=1,660	Ng=1,635 до 1,630	Ng=1,611 (коричневый) до 1,595 (бесцветный)
Оптическая ориентировка	Полос плоскости сростания		7° 85° 85°	—	—	—	—
Угол оптических осей (2V)	+58 до +88° +43 до +87° ¹	+58 до +88° +40 до +76° ¹	Большой по М. С. Афанасьеву	+43° ^b	+70° ^b	+74° ^c	—
Угасание	Прямое	Прямое	Угасание Nr: c=1—2°	Прямое	Прямое	Угасание Nr: c=2°	Изотропный
Удлинение	Отрицательное	Отрицательное	Отрицательное	Отрицательное	Отрицательное	Отрицательное	—
Размеры элементарной ячейки	A 18,52 B 5,71 C 7,52	—	—	A 18,47 B 5,67 C 7,46	—	A 18,37 B 5,63 C 7,42	—
Угол моноклинности β	91°30' — 92°	—	—	91° 13'	—	98° 4'?	—

¹ По данным Э. М. Бойштедт-Куплетской (1). ^a По данным Лоренца (3). ^b По данным Брэггера (4). Размеры элементарной ячейки и угол моноклинности β у минерала и мозандрита по данным Косснер и Крауза (5).

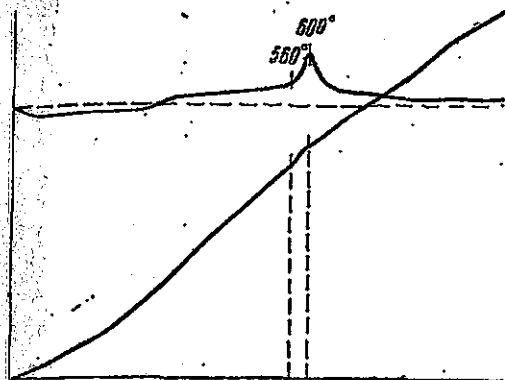
Межплоскостные расстояния минералов группы ринкита, прокаленных до различных температур. Fe=излучение, $2R=57,3$, $d=0,6$

Ринколит, ловчоррит $t=260^\circ$		Ринколит, ловчоррит $t=500^\circ$		Ринколит, ловчоррит $t=800^\circ$		Кальцевый ринкит ^а $t=0^\circ$		Ринкит $t=800^\circ$		Иовструити $t=800^\circ$		Мозандрит $t=800^\circ$	
	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n	l	d/n
—	—	—	—	2	3,52	Слабые	3,58—3,40	1	3,57	—	—	—	—
—	—	—	—	2	3,34	Средние	3,265	2	3,35	8	3,33	—	—
4	3,07	7	3,05	8	3,04	Сильные	3,07	10	3,05	10	3,04	4	3,04
—	—	4	2,95	2	2,92	"	2,97	5	2,94	4	2,91	—	—
—	—	2	2,80	2	2,79	"	"	2	2,78	3	2,77	—	—
—	—	4	2,70	3	2,69	Средние	2,625	6	2,69	7	2,69	—	—
—	—	3	2,58	2	2,57	"	2,48	2	2,56	3	2,56	—	—
—	—	1	2,39	1	2,39	"	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	2	2,29	Очень слабые	2,25	1	2,29	1	2,29	—	—
—	—	1	2,19	1	2,17	Слабые	2,15	1	2,19	—	—	—	—
1	2,03	6	2,02	6	1,998	Очень слабые	2,04	8	2,01	7	2,00	—	—
—	—	1	1,973	1	1,919	Сильные	1,93	—	—	—	—	—	—
1	1,869	7	1,859	7	1,845	Средние	1,87	9	1,853	9	1,851	—	—
—	—	4	1,827	3	1,810	"	1,834	2	1,810	4	1,807	—	—
—	—	—	—	1	1,752	"	1,81	2	1,752	1	—	—	—
1	1,707	1	1,714	1	1,709	Сильные	1,685	—	—	—	—	—	—
—	—	7	1,602	7	1,684	Слабые	1,64	8	1,682	8	1,675	—	—
—	—	3	1,594	1	1,588	Средние	1,563	—	—	1	1,590	—	—
—	—	5	1,540	3	1,528	Очень слабые	1,537	4	1,530	4	1,527	—	—
—	—	3	1,481	3	1,478	"	1,49	3	1,477	2	1,480	—	—
—	—	—	—	2	1,422	"	1,457	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	2	1,374	"	—	1	1,376	—	1,268	—	—
—	—	4	1,277	4	1,268	"	—	3	1,270	3	1,242	—	—
—	—	1	1,257	3	1,246	"	—	1	1,247	2	—	—	—
—	—	—	—	2	1,184	"	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1	1,151	"	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	2	1,122	"	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1	1,080	"	—	—	—	—	—	—	—

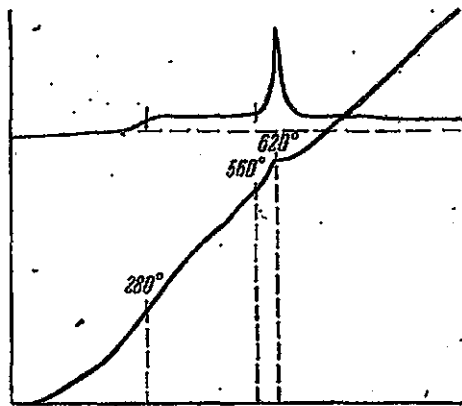
Температура плавления ринколита и ловчоррита, по данным И. С. Ожинского, варьирует от 1215 до 1400°. Химические анализы ринколита и ловчоррита приведены в табл. 3 (анализы 2—11).

Расшифровка группы редких земель в ринколите и ловчоррите из химически чисто выделенных осадков суммы редких земель (табл. 4) была произведена Н. В. Туранской в рентгено-химической лаборатории Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского.

Сумма редких земель (осадок) была получена химическим путем М. Е. Казаковой и Т. А. Капитоновой. Как видно из приведенной таблицы,



Фиг. 1. Кривые нагревания ринколита



Фиг. 2. Кривые нагревания ловчоррита

содержание отдельных элементов редких земель в ринколите и ловчоррите примерно одинаковое и не зависит от морфологии и времени выделения минералов в ходе пегматитового процесса.

Генезис ринколита и ловчоррита впервые разбирает И. С. Ожинский (2). Он объясняет рентгено-аморфный характер ринколита и ловчоррита метамиктным распадом и приводит следующие доказательства:

1. Ринколит и ловчоррит имеют слабую ионную решетку.
2. Редкоземельные ионы — легко заряжающиеся ионы, что способствует их нейтрализации.
3. Наличие в решетке U и Th облегчает разрушение решетки вследствие радиоактивного распада этих атомов и бомбардировки альфа-частицами узлов решетки.

И. С. Ожинский объясняет образование ловчоррита из пегматитов зоны ринчорритов и мелкозернистых эгирин-роговообманковых нефелиновых сиенитов за счет метамиктного превращения ринколита, а из зоны хибинитов — путем так называемой естественной закалки ринколитового расплава. Он говорит, что «ловчоррит представляет собой агрегат многочисленных ринколитовых призмочек».

Исследования ринколита и ловчоррита в термической лаборатории б. Института геологических наук АН СССР (кривые нагревания) а, также данные по изучению этих минералов, нагретых до различных температур в рентгено-структурной лаборатории того же института, позволяют нам согласиться с И. С. Ожинским в том, что рентгено-аморфный характер ринколита и ловчоррита обусловлен метамиктным распадом.

Это подтверждается прежде всего рентгено-структурным изучением другого минерала группы — кальциевого ринкита (табл. 2), в котором отсутствует торий и редкие земли. В отличие от ринколита и ловчоррита кальциевый ринкит дал отчетливую дебаеграмму без нагревания примерно с теми же значениями по абсолютной величине линий, что и ринколит и ловчоррит, прокаленные до температуры 800°. Таким образом, нарушение решетки в ринколите и ловчоррите зависит от присутствия в них тория и урана.

Химические анализы минералов группы ринкита

Компоненты	№ анализы, названия								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	кальциевый ринкит	ринколит			ловчорр				
		Хибинский массив							
Юкспор	Таттар- вумчорр	Ийдичвумчорр	Юкспор	Ловчорр		Юк			
SiO ₂	28,35	29,44	27,58	29,90	27,35	27,61	28,37	29,71	
TiO ₂	11,17	8,43	11,15 ¹	8,43	11,25 ¹	12,71	12,32	12,32	
ZrO ₂	0,38	0,16	0,35	0,07	0,37	0,20	0,11	0,14	
Ta ₂ O ₅	—	0,46	—	0,85	—	(0,23)	0,65	1,06	
CeO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ce ₂ O ₃	—	7,02	—	7,89	—	8,79	5,40	8,00	
Σ Ce ₂ O ₃	2,28	—	—	—	—	—	—	—	
Σ(La, D) ₂ O ₃	—	6,69	18,02	8,05	19,10	5,15	5,38	7,10	
Σ Y ₂ O ₃	—	1,80	—	0,89	—	1,36	3,07	1,34	
U ₃ O ₈	—	—	—	—	—	0,25	0,05	0,02	
Nb ₂ O ₅ + Ta ₂ O ₅	2,46	2,57	Не опр.	1,62	Не опр.	2,18	Не опр.	Не опр.	
Al ₂ O ₃	2,69	1,52	1,47	0,76	1,88	0,13	0,55	0,21	
Fe ₂ O ₃	0,34	0,06	0,99	0,28	1,04	—	0,52	0,05	
MnO	0,70	0,12	Следы	Следы	Следы	0,53	0,22	0,04	
CaO	26,38	26,38	24,70	28,48	23,49	27,26	26,22	27,06	
SrO	1,62	1,62	3,30	1,48	3,29	3,56	2,09	1,32	
MgO	0,35	—	Следы	0,40	Нет	0,80	0,69	0,18	
K ₂ O	0,22	0,42	0,16	0,50	0,23	0,28	0,34	0,34	
Na ₂ O	6,10	6,52	6,73	6,51	6,35	7,18	9,34	7,04	
F	6,40	5,98	5,99	6,90	6,25	6,38	5,14	5,42	
Co	—	—	Нет	—	Нет	—	—	—	
H ₂ O ⁺	0,59	1,78	1,76	0,65	Не опр.	0,51	2,18	0,58	
H ₂ O ⁻	0,10	—	—	0,16	—	—	—	—	
Сумма	99,59	100,97	102,20	102,74	100,60	102,93	102,72	101,83	
O=F ₂	—	2,52	2,47	2,48	2,63	2,68	2,16	2,28	
Удельный вес	—	98,45	99,73	100,26	97,97	100,25	100,57	99,65	
Аналитик и год	М. Каза-	Т. А. Бу-	К. Не-	М. Ка-	Т. А.	И. Бор-	Н. Вло-	Ю. Кня-	
выполнения	кова,	рова,	надке-	закова,	Бурова,	немаг,	давец,	пович,	
анализа	1954 г.	1934 г.	вич,	1953 г.	1934 г.	1926 г.		1934 г.	
			1926 г.						

¹ В TiO₂ входит Nb₂O₅ + Ta₂O₅. ² Сумма TiO₂ + Nb₂O₅. ³ Цифры даны по определению. ⁴ ZrO₂ определен ошибочно. Вместо него присутствует частично TiO₂ и (Nb, Ta)₂O₅.

При нагревании ринколита и ловчоррита до температуры 300, 500 и 800° этим минералам вновь сообщается потерянная энергия, которую они используют на постройку кристаллической решетки, т. е. происходит упорядочение кристаллообразующих частиц минерала.

Изучение ловчоррит-ринколитовых пегматитов в зоне ринколитов и хибинитов не позволяет нам согласиться с И. С. Ожинским в том, что ловчоррит образуется за счет метамиктного превращения ринколита и естественной закалки ринколитового расплава.

Прежде всего, ловчоррит характеризуется своим определенным парагенетическим комплексом минералов (эгириин, альбит, апатит и другие минералы). Форма выделения ловчоррита в виде прожилков, приуроченность его к определенным участкам пегматитовых жил, наличие ловчоррита в более поздних, секущих полевошпатовых пегматитах, эгириновых жилах, присутствие ловчоррита также в мелких апофизах пегматита, — все это позволяет утверждать, что он образовался из более поздней новой порции пегматитового расплава (раствора), которая накладывалась на существующий уже пегматит. Образование ринколита преимущественно

минералов и место взятия образцов

9	10	11	12	13	14	15	16	17
опт			риннит	ионструнит	ринколит (изменен)	мозандрит	вудьяврит	
	Вудьявр-чорр	Эваслог-чорр	Гренландия	Норвегия	Хибинский массив	Норвегия	Хибинский массив	
спор							Юкспор	Кукисвум-чорр
28,88	29,78	30,09	29,08	29,89	29,34	30,71	23,89	13,54
10,68	9,74 ^в	9,39	13,36	7,64	7,86	5,33	18,50 ^в	17,10
	0,14	0,00	—	8,85 ^д	—	7,34	0,05	0,35
0,94	0,72	1,24	—	—	—	0,34	1,17	4,13
	—	—	—	—	—	6,34	15,02	12,37
7,99	6,83	5,45	21,45	14,11	—	10,45	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
6,68	7,26	7,07	—	—	23,24	—	5,33	12,70
1,26	2,73	1,77	0,92	—	—	3,62	2,71	5,79
0,02	0,10	0,32	—	—	—	—	—	—
2,18	2,16 ^в	2,08	—	—	2,34	—	—	4,64
0,34	0,25	2,16	—	2,15	4,28	—	0,39	2,37
0,14	0,05	0,12	0,44	—	0,84	3,52	1,83	0,43
0,39	0,11	—	—	—	—	0,45	0,61	—
24,14	27,92	25,87	23,26	28,50	17,11	22,33	2,68	2,23
3,38	1,12	3,80	—	—	—	—	0,10	1,67
0,35	0,15	0,22	—	1,69	—	0,63	0,12	0,03
0,15	0,27	0,12	—	—	0,24	0,38	0,09	0,12
8,31	6,35	6,98	8,58	7,89	1,38	2,44	0,78	0,65
5,80	4,75	6,10	5,82	5,68	1,68	2,06	—	Нет
	0,06	—	—	—	—	—	—	5,47
0,70	1,17	—	—	1,41	8,66	7,70	8,35	11,34
	—	—	—	—	—	—	18,05	5,40
101,83	101,80	102,94	103,11	101,91	—	100,87	99,72	100,33
2,44	2,00	2,57	2,45	2,50	0,70	0,86	—	—
99,39	99,50	100,37	100,66	99,40	100,29	100,01	—	—
3,34	3,35	3,25	3,46	—	—	3,03	—	—
Т. А. Бурова,	Ю. Книпович,	М. Волкова, 1951 г.	Лоренц, 1884 г.	Бекстром, 1890 г.	А. Бондарева, 1952 г.	Бекстром, 1841 г.	Не опр. И. Степанова, 1933 г.	И. Степанов, 1934 г.

лению Т. А. Буровой; Ю. Н. Книпович определила сумму $TiO_2 + (Nb, Ta)_2O_5 = 11,90$.

происходит в начальную стадию кристаллизации пегматитового расплава (раствора). Если понятно, что рентгено-аморфный характер ринколита и ловчоррита обусловлен метамиктным распадом, то не ясно, как в связи с этим происходит потеря формы минерала, т. е. как из ринколита образуется ловчоррит. Связи между этими процессами, нам кажется, нет никакой. Не ясно также и образование ловчоррита, по И. С. Ожинскому, путем естественной закалки из ринколитового расплава.

Кривая нагревания ринколита (ловчоррита) показывает, что при температуре выше 600° ринколит (ловчоррит) становится анизотропным (дает отчетливую дебаграмму с большим количеством линий). В природных условиях разрушение решетки ринколита и ловчоррита (рентгеноаморфность) происходит, очевидно, в течение длительного периода времени.

Таким образом, проведенные исследования позволяют нам считать ринколит и ловчоррит метамиктными минералами, образование которых происходит на различных стадиях пегматитового процесса. Выпадение из пегматитового расплава (раствора) в одних случаях ринколита, а в других — ловчоррита объясняется условиями кристаллизации.

Относительные и абсолютные количества элементов цериевой и иттриевой группы, полученные из химических чисто выделенных осадков редких земель ринколита, ловчоррита и продукта их изменения вудъяврита

№№ п/п	Место взятия	Название минерала	Элементы цериевой и иттриевой группы													
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Cd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	Пегматитовое поле г. Юкспор		0,82 (2,50)	2,2 (6,71)	0,215 (0,65)	1 (3,05)	0,21 (0,64)	—	0,14 (0,43)	0,01 (0,03)	0,11 (0,33)	0,009 (0,027)	0,021 (0,06)	—	0,017 (0,05)	—
2	Пегматитовое поле г. Эвеслогчорр		0,79 (2,32)	2,3 (6,74)	0,25 (0,73)	1 (2,94)	0,20 (0,59)	—	0,13 (0,38)	—	0,11 (0,32)	—	0,05 (0,15)	—	0,028 (0,08)	—
3	Пегматит г. Тахтарвум- чорр	Ринколит	0,62 (2,26)	— (6,88)	0,20 (0,73)	1 (3,64)	0,19 (0,69)	—	0,12 (0,44)	0,005 (0,02)	0,093 (0,34)	0,008 (0,03)	0,013 —	—	0,08 (0,05)	—
4	Пегматит г. Ийдичвум- чорр		1,0 (2,7)	2,5 (6,75)	0,25 (0,67)	1 (2,7)	0,17 (0,46)	—	0,11 (0,30)	0,005 (0,013)	0,08 (0,22)	0,006 (0,018)	0,011 (0,03)	—	0,006 (0,018)	—
5	Пегматитовое поле г. Юкспор		0,94 (2,76)	2,14 (6,30)	0,21 (0,62)	1 (2,94)	0,15 (0,44)	—	0,13 (0,38)	0,036 (0,017)	0,032 (0,24)	0,006 (0,017)	0,018 (0,05)	—	0,012 (0,03)	—
6	Пегматитовое поле г. Эвеслогчорр	Ловчоррит	1,3 (2,99)	2,56 (6,88)	0,19 (0,44)	1 (2,3)	0,16 (0,37)	—	0,16 (0,37)	0,01 (0,02)	0,13 (0,29)	0,013 (0,29)	0,027 (0,06)	—	0,018 (0,04)	—
7	Пегматит г. Тахтарвум- чорр ¹		1,4 (3,22)	2,8 (6,44)	0,27 (0,62)	1 (2,3)	0,17 (0,39)	—	0,13 (0,29)	—	0,04 (0,09)	—	—	—	—	—
8	Пегматит г. Ийдичвум- чорр	Вудъяврит по ринколиту	0,96 (5,08)	2,3 (12,19)	0,25 (1,32)	1 (5,3)	0,17 (0,90)	—	0,15 (0,79)	—	0,115 (0,59)	—	0,045 (0,21)	—	0,02 (0,10)	—
9	Пегматитовое поле г. Юкспор	Вудъяврит по ловчорриту	1,1 (3,93)	2,5 (9,0)	0,23 (0,83)	1 (3,6)	0,21 (0,76)	—	0,11 (0,39)	—	0,07 (0,25)	—	0,025 (0,09)	—	0,017 (0,06)	—

¹ По данным автора.

Точность относительных определений $\pm 8\%$; Er, Tm, Lu не поддаются точному количественному определению; по полуколичественному определению их содержание в концентратах не более 0,5%; цифры в скобках — абсолютные значения в %.

Межплоскостные расстояния вудьяврита (по ринколиту и лавчорриту), нагретого до температуры 500, 800 и 900° Fe — излучение, $2R = 57$, $3, d = 0,6$

№ п/п	По ринколиту				По лавчорриту			
	$t = 500^\circ$		$t = 800^\circ$		$t = 800^\circ$		$t = 900^\circ$	
	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
1	—	—	Слабые	3,778	—	—	—	—
2	Слабые	3,51	"	3,50	—	—	Очень слабые	3,62
3	"	3,21	"	3,26	—	—	Слабые	3,31
4	—	—	"	3,205	—	—	"	3,12
5	Сильные	3,02	Сильные	3,00	Сильные	2,97	Сильные	2,95
6	Слабые	2,86	Средние	2,85	—	—	—	—
7	Средние	2,75	"	2,72	Средние	2,75	—	—
8	"	2,67	"	2,65	Очень слабые	2,68	Очень слабые	2,69
9	Слабые	2,59	"	2,55	Средние	2,54	Средние	2,54
10	—	—	Очень слабые	2,44	Слабые	2,35	"	2,32
11	"	2,20	Слабые	2,23	—	—	—	—
12	"	2,15	"	2,18	—	—	Слабые	2,20
13	"	2,10	"	2,10	—	—	Очень слабые	2,10
14	"	2,06	"	2,05	—	—	—	—
15	Сильные	2,00	"	2,00	Средние	1,98	Средние	1,99
16	Слабые	1,95	"	1,95	Средние	1,92	—	—
17	—	—	"	1,935	—	—	Средние	1,913
18	Средние	1,84	"	1,85	Слабые	1,865	—	—
19	Слабые	1,79	Сильные	1,79	Сильные	1,795	Сильные	1,791
20	"	1,72	Средние	1,74	—	—	Слабые	1,77
21	"	1,70	Слабые	1,69	Средние	1,70	Средние	1,70
22	Сильные	1,66	"	1,66	—	—	"	1,68
23	—	—	"	1,609	Средние	1,60	"	—
24	—	—	"	1,57	—	—	—	—
25	Слабые	1,54	Сильные	1,53	Сильные	1,538	Сильные	1,535
26	Очень слабые	1,48	Очень слабые	1,47	—	—	Очень слабые	1,51
27	—	—	—	—	—	—	Слабые	1,473

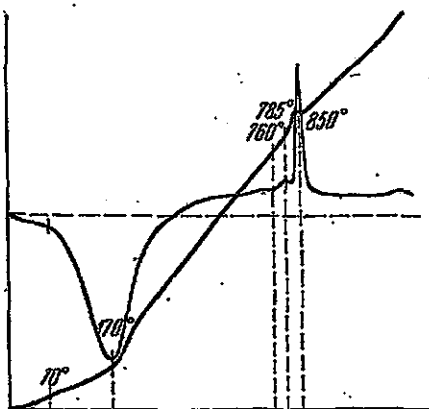
Вудьяврит (водный титано-силикат редких земель) образует мелкозернистые рассыпчатые корки или порошки на поверхности выделений лавчоррита и ринколита. Цвет его коричневый, желтый, бледно-желтый до бесцветного в зависимости от степени изменения. Наиболее бледно окрашенные разности характерны для сильно измененного вудьяврита.

Вудьяврит образуется только в условиях поверхности под действием углекислых растворов. В пегматитовых жилах, вскрытых многочисленными горными выработками в районе Юкспорского пегматитового поля (г. Юкспор), вудьяврит, как правило, отсутствует, а если и встречается, то только в тех местах, где просачивается вода.

Физические и оптические свойства вудьяврита приведены в табл. 1.

В рентгено-структурной лаборатории МГУ Н. Пиневиц получены дебаграммы вудьяврита по ринколиту и лавчорриту, нагретого до температур 500, 800 и 900° (табл. 5). Как видно из этой таблицы, количество и интенсивность линий у вудьяврита, нагретого до более высоких температур (800—900°), возрастает по сравнению с вудьявритом, нагретым до 500°.

Дебаграммы вудьяврита, развитого по ринколиту и лавчорриту, идентичны. Некоторые из сильных линий вудьяврита на дебаграмме близки



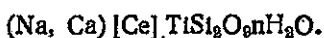
Фиг. 3. Кривые нагревания вудьяврита.

по значению с соответствующими линиями ринколита-ловчоррита (см. табл. 2).

Кривая нагревания вудъяврита, полученная в термической лаборатории б. Института геологических наук АН СССР, приведена на фиг. 3.

На кривой нагревания вудъяврита при температуре 170° обнаруживается сильный эндотермический эффект, связанный, очевидно, с удалением низкотемпературной воды, а при температуре 850° — сильный экзотермический эффект. Выше температуры 850° вудъяврит становится анизотропным минералом.

Химический анализ вудъяврита приведен в табл. 3. В дополнение к химическим анализам (табл. 3, анализы 16—17) спектральным методом в вудъяврите обнаружены следы Ве и Си. Пересчеты химических анализов вудъяврита укладываются в формулу типа:



Минералогические исследования (микроскопия, дебаеграммы; кривые нагревания) позволяют нам, совместно с Е. И. Семеновым, рассматривать вудъяврит как минерал самостоятельный, а не как агрегат механической смеси кальцита, флюорита, опала, лопаритового минерала и двух ближе не определенных минералов, как это считает В. Ф. Барабанов.

Кальциевый ринкит (кальциевый титано-силикат) представляет собой плотный, волокнистого строения агрегат желто-серого цвета, встреченный в одной из ловчорритоносных жил на горе Юкспор в ассоциации с поздним эгирином, ферсманитом и другими минералами. Свойства кальциевого ринкита приведены в табл. 1, 2, 3. Остальные минералы группы — ринкит, ионструпит и мозандрит изучались нами по музейным образцам Минералогического музея АН СССР.

Ринкит (редкоземельный кальциево-натриевый титано-силикат, Гренландия) представлен довольно правильными кристаллами желто-коричневого цвета, встречающимися в ассоциации с нефелином, арфведсонитом и эвдиалитом. По оптическим, физическим и химическим свойствам к ринкиту очень близки ринколит, ловчоррит и описанный ниже ионструпит (табл. 1, 2, 3). Ринкит — минерал метамиктный. Дебаеграммы ринкита (табл. 2), прокаленного при температуре 800° в течение 2 часов, аналогичны дебаеграммам других прокаленных минералов группы (ринколит, ловчоррит, ионструпит). По данным Лоренца в ринките содержится 6,51% ZrO_2 . Рентгено-спектральное определение Zr в ринките (рентгено-спектральная лаборатория б. Института геологических наук АН СССР) показало, что по содержанию Zr (1%) он не отличается от ринколита и ловчоррита.

Ионструпит (кальциево-натровый титано-силикат редких земель, Норвегия) представлен кристаллами желто-коричневого цвета в ассоциации с калиевым полевым шпатом и эгирином. Физические и оптические свойства ионструпита приведены в табл. 1. Межплоскостные расстояния ионструпита, вычисленные в рентгено-структурной лаборатории б. Института геологических наук АН СССР (табл. 2), показывают полную идентичность его с ринкитом, ринколитом и ловчорритом. Так же как и ринкит, ионструпит отличается от ринколита и ловчоррита повышенным содержанием ZrO_2 (табл. 3). Частное определение Zr в той же лаборатории по музейным образцам ионструпита показало, что по содержанию Zr (1%) ионструпит не отличается ни от ринколита (ловчоррита), ни от ринкита.

Мозандрит (водный кальциевый титано-силикат редких земель, Норвегия), изученный по музейным образцам, представлен крупными кристаллами, размером до нескольких десятков сантиметров в длину. Он находится в основном в ассоциации с нефелином и арфведсонитом и по внешнему виду совершенно аналогичен несколько измененному ринколиту. Физические и оптические свойства мозандрита приведены в табл. 1, межплоскостные расстояния — в табл. 2. По физическим и оптическим свой-

ствам мозандрит занимает промежуточное положение между ринколитом (ловчорритом) и вудъявритом. В отличие от ринколита, ловчоррита, ринкита и ионструпита, мозандрит (табл. 3, анализ 15) характеризуется повышенным содержанием редких земель и воды и в то же время содержит значительно меньшие количества натрия и фтора, чем названные минералы. Близким к мозандриту по химическому составу можно считать измененный ринколит из пегматитовой жилы фойяитов Хибинского щелочного массива (табл. 3, анализ 14), в котором, так же как и в мозандрите, наблюдается накопление редких земель и повышенное содержание воды, выщелачивание натрия и уменьшение количества фтора.

В мозандрите, в отличие от измененного ринколита, присутствует ZrO_2 в количестве 7,34% (табл. 3, анализ 15).

Большое сходство химического состава мозандрита (табл. 3, анализ 15) с измененным ринколитом (табл. 3, анализ 14) вызвало сомнение в возможности присутствия значительного количества Zr в мозандрите тем более, что в одном анализе мозандрита ZrO_2 отсутствует совершенно. На неправильное определение ZrO_2 в ринколите указано Э. М. Бонштедт-Куплетской (1). Определение ZrO_2 в мозандрите, произведенное М. Е. Казаковой, показало, что по содержанию ZrO_2 он совершенно не отличается от ринколита, ловчоррита, ринкита и ионструпита. В связи с этим мозандрит рассматривается мной как начальный продукт изменения перечисленных выше минералов, конечным продуктом которых является, вероятно, вудъяврит.

Вывод общей формулы для рассматриваемых минералов основывается на пересчете 12 (наиболее достоверных) полных химических анализов (табл. 3, анализы 2—13). Прежде чем произвести расчет каждого из этих анализов, мы определяли характерные атомные соотношения элементов друг к другу и к кислороду. Из общего баланса кислорода, подсчитанного как сумма кислородных количеств каждого элемента, вычиталось количество кислорода, идущего на образование группы (F, OH). Таким путем находили общее количество кислорода, необходимое для всей группы катионов (M). Для вывода формулы каждого анализа вычислялись следующие основные отношения (табл. 6):

$$\frac{O}{M}, \frac{O}{Si}, \frac{O}{Ca + Na}; \frac{Ti}{Si}, \frac{Na}{Ca}$$

В результате обработки соответствующих анализов было установлено, что для восьми из них характерно отношение $O : M = 5 : 4$, для других оно близко к этому значению. Отношение O к Si для всех анализов оказалось равным или близким величине 4 : 1. Отношение O : Ca + Na близко к значению 3 : 1. Отношение Ti : Si в четырех случаях равно 1 : 4, в семи — 1 : 3 и в одном случае 1 : 3,5. Отношение Na : Ca для всех анализов равно 1 : 2.

Таким образом, для вывода общей формулы группы необходимо было по возможности сохранить установленные соотношения между Na и Ca, Ti и Si, Si и O, а также кислородом и суммой катионов. Учитывая все вышесказанное, общая формула группы может быть представлена в двух вариантах:



Второй вариант формулы является, очевидно, наиболее приемлемым, поскольку в нем отношение Ti : Si равно 1 : 4, тогда как в первом варианте оно составляет 1 : 3. Если мы обратимся к табл. 6, где приведены отношения не только для ринколита (ловчоррита), но и для продуктов их изменения — мозандрита и вудъяврита, — то увидим, что отношение Ti : Si возрастает до 1 : 3 в мозандрите, до 1 : 2 или 1 : 1 в вудъяврите.

Таким образом, существует явная тенденция к уменьшению количества SiO_2 и увеличению количества TiO_2 по мере изменения ринколита (ловчоррита) до мозандрита — вудъяврита. Новые анализы ринколита (табл. 3), сделанные в последнее время, показывают, что отношение $\text{Ti}:\text{Si}$ в них равно 1:4. Исходя из вышеизложенных соображений, мы принимаем второй вариант формулы группы.

Однако однозначно остановиться на том или ином типе формулы еще нельзя, поскольку не выяснена структура минерала.

Итак, можно прийти к следующим основным выводам.

1. Ринкит, ионструпит, ринколит и ловчоррит по своим физическим, оптическим и химическим свойствам совершенно не отличаются друг от друга, представляя по существу один и тот же минеральный вид первичного образования. Автор предлагает все перечисленные выше минералы, а также кальциевый ринкит, относить к группе ринкита, так как последний был установлен вслед за открытием мозандрита.

2. Мозандрит является, по-видимому, начальным продуктом изменения минералов группы ринкита. К конечному продукту изменения принадлежит вудъяврит.

3. Общая эмпирическая формула минералов группы ринкита, основанная на пересчете 12 полных химических анализов, может быть представлена в следующем виде:



4. Минералы группы ринкита необходимо рассматривать как минералы метамиктные (за исключением кальциевого ринкита), образование которых произошло на различных стадиях пегматитового процесса.

Таблица 6

Таблица атомных соотношений в минералах группы ринкита и продуктах их изменения (мозандрит, вудъяврит)

№ анализ.	Место взятия минерала на анализ	Название минерала	$\frac{\text{O}}{\text{M}}$	$\frac{\text{O}}{\text{Si}}$	$\frac{\text{O}}{\text{Ca}+\text{Na}}$	$\frac{\text{Ti}}{\text{Si}}$	$\frac{\text{Na}}{\text{Ca}}$
2	Хибинский массив, г. Тактарумчорр	Ринколит	1,3 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 4	1 : 2
3	Хибинский массив, г. Ийдичвумчорр	"	1,25 : 1	4 : 1	2,5 : 1	1 : 3,5	1 : 2
4	То же	"	1,5 : 1	4,5 : 1	3 : 1	1 : 4	1 : 2
5	Хибинский массив, г. Юкспор	"	1,25 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 3	1 : 2
6	Хибинский массив, г. Ловчорр	Ловчоррит	1,25 : 1	5 : 1	2,5 : 1	1 : 3	1 : 2
7	То же	"	1,25 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 3	1 : 2
8	Хибинский массив, г. Юкспор	"	1,25 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 3	1 : 2
9	То же	"	1,25 : 1	4 : 1	2,5 : 1	1 : 3	1 : 2
10	Хибинский массив, г. Вудъявчорр	"	1,3 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 3	1 : 2
11	Хибинский массив, г. Эвслоччорр	"	1,5 : 1	5 : 1	3,5 : 1	1 : 4	1 : 2
12	Гренландия	Ринкит	1,25 : 1	4 : 1	3 : 1	1 : 2	1 : 1,5
13	Норвегия	Ионструпит	1,25 : 1	4 : 1	2,5 : 1	1 : 4	1 : 2
14	Хибинский массив, пегматит в фойяитах	Измененный ринколит	3 : 1	4 : 1	7 : 1	1 : 4	1 : 7
15	Норвегия	Мозандрит	1,5 : 1	4 : 1	4 : 1	1 : 3	1 : 3
16	Хибинский массив, г. Юкспор	Вудъяврит	2 : 1	4 : 1	19 : 1	1 : 2	1 : 2
17	Хибинский массив, г. Кукисвумчорр	"	2 : 1	5 : 1	6 : 1	1 : 1	1 : 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Минералы Хибинских и Ловозерских тундр, Сборн., Изд-во АН СССР, 1937.
2. О ж и н с к и й И. С. Левкоррит-ринколитовые месторождения внешнего пояса Хибин. Зап. Всер. мин. об-ва, сер. 2, 64, 2, 1935.
3. Brögger W. C. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Südnorwegischen Augit und Nephelinsyenite. Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie, Bd. 16, 1890.
4. Bøggild O. B. Miner. Groenl. Meddel. on Groene, 1905.
5. Gossner B., Kraus O. Cent. Min. 72, A, 1934.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР,
Москва

Статья поступила в Редакцию
22 декабря 1955 г.